

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-091375

(43)Date of publication of application : 06.04.2001

(51)Int.Cl.

G01L 3/10  
B62D 5/04  
G01B 7/30  
G01L 5/22

(21)Application number : 11-267851

(71)Applicant : KOYO SEIKO CO LTD

(22)Date of filing : 21.09.1999

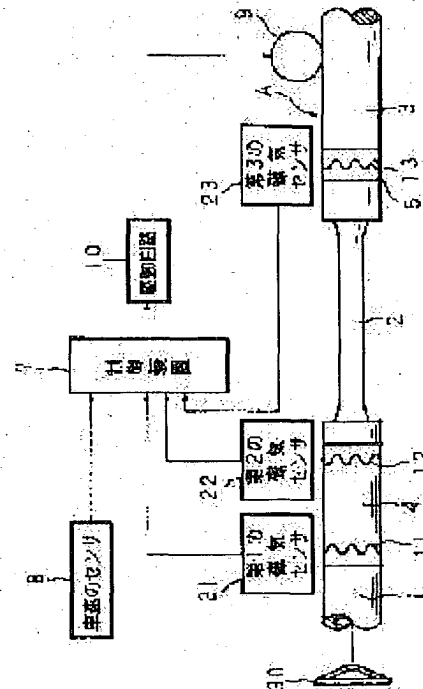
(72)Inventor : SHIBA MASATO

## (54) TORQUE SENSOR AND ELECTRICALLY-DRIVEN STEERING DEVICE USING THE SAME

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To simplify the structures on the input shaft side and output shaft side in comparison with a conventional torque sensor provided with a pair of rings made of a magnetic body provided with rectangular tooth parts at their faces.

**SOLUTION:** This electrically-driven steering device is provided with first and second magnetic wave lines 11 and 12 provided for an input shaft 1 along its circumferential direction, a third magnetic wave line 13 provided for an output shaft 3 along its circumferential direction, and first to third magnetic sensors 21, 22, and 23 each fixed opposingly to the magnetic wave lines 11-13. The first and second magnetic wave lines 11 and 12 are differently located in the direction of rotation of the input shaft 1, torque added to the input shaft 1 is obtained on the basis of each detected value detected by the first and third magnetic sensors 21 and 23. The angle of rotation of the input shaft 1 is obtained on the basis of each detected value detected by the first and second magnetic sensors 21 and 22.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-91375

(P2001-91375A)

(43)公開日 平成13年4月6日(2001.4.6)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)
G 0 1 L 3/10		G 0 1 L 3/10	B 2 F 0 5 1
B 6 2 D 5/04		B 6 2 D 5/04	2 F 0 6 3
G 0 1 B 7/30	1 0 1	G 0 1 B 7/30	1 0 1 B 3 D 0 3 3
G 0 1 L 5/22		G 0 1 L 5/22	

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平11-267851

(22)出願日 平成11年9月21日(1999.9.21)

(71)出願人 000001247

光洋精工株式会社

大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号

(72)発明者 柴 真人

大阪府大阪市中央区南船場三丁目5番8号

光洋精工株式会社内

(74)代理人 100078868

弁理士 河野 登夫

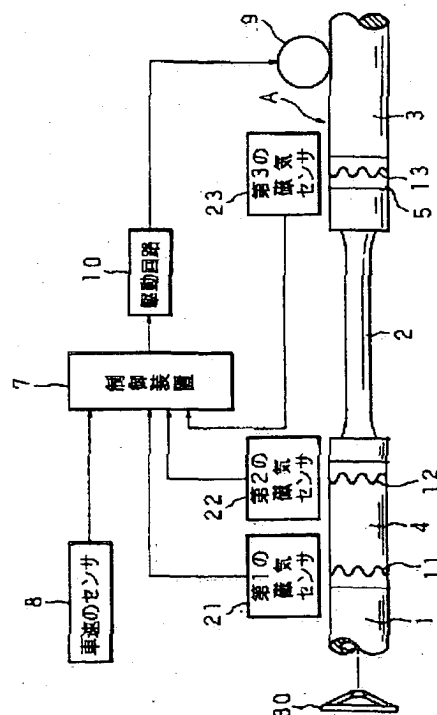
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 トルクセンサ及びこれを用いた電動式舵取装置

(57)【要約】

【課題】 端面に矩形状の歯部が設けられている一对の磁性体製リングを備えた従来のトルクセンサに比較して入力軸及び出力軸側の構造を簡単にできるようにする。

【解決手段】 入力軸1に設けられ、該入力軸1の周方向に沿う第1及び第2の磁気波条11、12と、出力軸3に設けられ、該出力軸3の周方向に沿う第3の磁気波条13と、これら磁気波条11~13と夫々向き合うように固設される第1乃至第3の磁気センサ21、22、23とを備え、前記第1及び第2の磁気波条11、12の位置を入力軸1の回転の方向へ異ならせ、第1及び第3の磁気センサ21、23が検出した夫々の検出値に基づいて入力軸1に加えられるトルクを求め、第1及び第2の磁気センサ21、22が検出した夫々の検出値に基づいて前記入力軸1の回転角度を求めるようにした。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 トーションバーを介して同軸的に連結された入力軸及び出力軸の前記入力軸を回転することによってこれに加わるトルクを前記トーションバーに生じる捩れ角度によって検出するトルクセンサにおいて、前記入力軸の外周部に設けられ、該入力軸の周方向に沿う第1及び第2の磁気波条と、前記出力軸の外周部に設けられ、該出力軸の周方向に沿う第3の磁気波条と、これら第1乃至第3の磁気波条と夫々向き合うように固設される第1乃至第3の磁気センサとを備え、第1及び第2の磁気センサの位置又は前記第1及び第2の磁気波条の位置は前記回転の方向へ異なっており、前記第1及び第2の磁気センサと前記第3の磁気センサとが検出した夫々の検出値に基づいて前記トルクを求め、前記第1及び第2の磁気センサが検出した夫々の検出値に基づいて前記入力軸の回転角度を求めるようにしてあることを特徴とするトルクセンサ。

【請求項2】 トーションバーを介して同軸的に連結された入力軸及び出力軸の前記入力軸を回転することによってこれに加わるトルクを前記トーションバーに生じる捩れ角度によって検出するトルクセンサにおいて、前記入力軸及び出力軸の外周部に夫々設けられ、これら入力軸及び出力軸の周方向に沿う第4及び第5の磁気波条と、これら第4及び第5の磁気波条と夫々向き合うように固設される第4及び第5の磁気センサとを備え、第4の磁気センサを前記回転の方向へ位置を異ならして配置される2個とし、これら第4の磁気センサが検出した夫々の検出値に基づいて前記入力軸の回転角度を求め、前記第4及び第5の磁気センサが検出した夫々の検出値に基づいて前記トルクを求めるようにしてあることを特徴とするトルクセンサ。

【請求項3】 前記磁気波条は複数波をなす請求項1又は請求項2記載のトルクセンサ。

【請求項4】 請求項1乃至請求項3の何れかに記載されたトルクセンサと、該トルクセンサの検出結果に基づいて駆動される操舵補助用のモータと、該モータの回転を出力軸又は該出力軸に繋がる舵取機構に伝達する伝達機構とを備えていることを特徴とする電動式舵取装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はトーションバーに連結された入力軸を回転することによってこれに加わるトルクを前記トーションバーに生じる捩れ角度によって検出するトルクセンサ及びこれを用いた電動式舵取装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 電動式舵取装置としては、例えば舵取りのための操舵輪に連結される入力軸と、該入力軸の下端にトーションバーを介してその上端が同軸的に連結され、その下端が車輪に繋がる舵取機構に連結される出力

軸と、操舵輪を回転することによって入力軸に加わるトルクを前記トーションバーに生じる捩れ角度によって検出するトルクセンサと、該トルクセンサの検出結果に基づいて駆動される操舵補助用のモータの回転を減速して前記出力軸に伝達する伝達機構とを備え、操舵輪の回転に応じた舵取機構の動作を前記モータの回転により補助し、舵取りのための運転者の労力負担を軽減するように構成されている。また、ポテンシオメータ等の回転角度センサにより操舵輪の舵角中点を求め、操舵輪の舵角に応じたモータの駆動制御も行っている。

【0003】 この電動式舵取装置のトルクセンサとしては、特公平07-021433号公報に記載されているように非接触式のトルクセンサが知られている。

【0004】 この非接触式のトルクセンサは、入力軸及び出力軸の一方の周りに配置され、端面に矩形状の歯部が周方向に形成されている一対の磁性体製リングと、該磁性体製リングの周りに配置される環状のトルク検出コイルとを備え、前記トーションバーの捩れに対応して前記磁性体製リングが相対回転したとき前記歯部の対向面積が変化し、トルク検出コイルのインピーダンスの変化を捉えることにより前記操舵トルクを検出するように構成されている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、従来の非接触式のトルクセンサにあつては、磁性体製リングの周りに環状のトルク検出コイルが配置され、さらに、該トルク検出コイル及び端面に矩形状の歯部が周方向に設けられている一対の磁性体製リングを備えているため、構造が複雑であり、コストを低減することが要望されている。また、前述の従来の非接触式のトルクセンサは入力軸に加わるトルクだけを検出するものであるため、操舵輪の舵角を回転角度センサが検出し、この舵角に対応して操舵補助用のモータを駆動し、操舵補助するように構成された従来の電動式舵取装置にあつてはトルクセンサと別個にポテンシオメータ等の回転角度センサを用いる必要があり、電動式舵取装置の構造が複雑であつた。

【0006】 本発明は上述したような事情に鑑みてなされたものであり、入力軸の周方向に沿う第1及び第2の磁気波条と、出力軸の周方向に沿う第3の磁気波条と、第1及び第2の磁気波条の近傍に生成される各磁界の強さを夫々検出する第1及び第2の磁気センサと、第3の磁気波条の近傍に生成される磁界の強さを検出する第3の磁気センサとを備え、これら磁気センサが検出した検出値に基づいてトルク及び回転角度を求める構成とすることにより、コイル及び磁性体製リングを備えた従来のトルクセンサに比較して構造を簡単にできるとともに回転角度を検出できるトルクセンサ、及びトルクセンサと別体の回転角度センサを用いる必要がない電動式舵取装置を提供することを目的とする。

【0007】 また、入力軸の周方向に沿う第4の磁気波

条と、出力軸の周方向に沿う第5の磁気波条と、第4の磁気波条の近傍に生成される磁界の強さを検出する第4の磁気センサと、第5の磁気波条の近傍に生成される磁界の強さを検出する第5の磁気センサとを備え、前記第4の磁気センサを入力軸の回転方向へ位置を異ならして配置される2個とすることにより、これら磁気センサが検出した検出値に基づいて入力軸の回転角度及びトルクを高精度に求め、コイル及び磁性体製リングを備えた従来のトルクセンサと比較して構造を簡単にできるトルクセンサ、及びトルクセンサと別体の回転角度センサを用いる必要がない電動式舵取装置を提供することを目的とする。

【0008】また、磁気波条を複数波とすることにより、高精度に検出できるトルクセンサ、及びこれを用いた電動式舵取装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】第1発明に係るトルクセンサは、トーションバーを介して同軸的に連結された入力軸及び出力軸の前記入力軸を回転することによってこれに加わるトルクを前記トーションバーに生じる捩れ角度によって検出するトルクセンサにおいて、前記入力軸の外周部に設けられ、該入力軸の周方向に沿う第1及び第2の磁気波条と、前記出力軸の外周部に設けられ、該出力軸の周方向に沿う第3の磁気波条と、これら第1乃至第3の磁気波条と夫々向き合うように固設される第1乃至第3の磁気センサとを備え、第1及び第2の磁気センサの位置又は前記第1及び第2の磁気波条の位置は前記回転方向へ異なり、前記第1及び第2の磁気センサと前記第3の磁気センサとが検出した夫々の検出値に基づいて前記トルクを求め、前記第1及び第2の磁気センサが検出した夫々の検出値に基づいて前記入力軸の回転角度を求めるようにしてあることを特徴とする。

【0010】第1発明にあつては、第1及び第2の磁気センサと第3の磁気センサとによって、入力軸の周方向に沿って設けられた第1及び第2の磁気波条の近傍に生成された磁界の強さと、出力軸の周方向に沿って設けられた第3の磁気波条の近傍に生成された磁界の強さとに夫々応じた電氣的出力が得られる。入力軸が回転するとき、第1及び第2の磁気波条の波形に応じて、前記第1及び第2の磁気センサと第1及び第2の磁気波条との距離が変化し、該距離の変化に応じて前記第1及び第2の磁気センサの電氣的出力の大きさが変化する。

【0011】第1及び第2の磁気波条の一周期上では、夫々の磁気センサの1つの電氣的出力に対して二つの位置が対応しているため、第1の磁気センサの電氣的出力に対応している2位置と、第2の磁気センサの電氣的出力に対応している2位置とを比較し、一致する位置を求めることによって入力軸の回転角度を求める。

【0012】すなわち、入力軸の回転角度は操舵輪の舵角に対応するため、出力軸の回転角度に比べて高精度の

検出が要求されることになるが、磁気波条及び磁気センサを夫々一つとした場合、一周期上で1つの電氣的出力に対し二つの位置を磁気センサが検出することになり、この磁気センサの電氣的出力だけでは前記二つの位置のどちらを検出した電氣的出力であるのか判別することができないため、第1発明では磁気波条及び磁気センサを夫々二つとし、これら磁気センサが検出した検出値に基づいて入力軸の回転角度を求める。

【0013】また、第3の磁気センサの電氣的出力に対応する2位置から、入力軸の回転角度に最も近い位置を求めることによって出力軸の回転角度を求める。更に、これら回転角度の角度差に応じたトルクを求める。

【0014】このように入力軸に設けられる2つの磁気波条と、出力軸に設けられる1つの磁気波条と、これら磁気波条と向き合うように固設される3個の磁気センサとを備え、トルク及び回転角度を求めることができる単純な簡易構造のトルクセンサであるため、コイル及び磁性体製リングを備えた従来のトルクセンサと比較してコストを低減できる。

【0015】第2発明に係るトルクセンサは、トーションバーを介して同軸的に連結された入力軸及び出力軸の前記入力軸を回転することによってこれに加わるトルクを前記トーションバーに生じる捩れ角度によって検出するトルクセンサにおいて、前記入力軸及び出力軸の外周部に夫々設けられ、これら入力軸及び出力軸の周方向に沿う第4及び第5の磁気波条と、これら第4及び第5の磁気波条と夫々向き合うように固設される第4及び第5の磁気センサとを備え、第4の磁気センサを前記回転方向へ位置を異ならして配置される2個とし、これら第4の磁気センサが検出した夫々の検出値に基づいて前記入力軸の回転角度を求め、前記第4及び第5の磁気センサが検出した夫々の検出値に基づいて前記トルクを求めるようにしてあることを特徴とする。

【0016】第2発明にあつては、第4の磁気センサと第5の磁気センサとによって、入力軸の周方向に沿って設けられた第4の磁気波条の近傍に生成された磁界の強さと、出力軸の周方向に沿って設けられた第5の磁気波条の近傍に生成された磁界の強さとに夫々応じた電氣的出力が得られる。入力軸が回転するとき、第4の磁気波条の波形に応じて、前記第4の磁気センサと第4の磁気波条との距離が変化し、該距離の変化に応じて前記第4の磁気センサの電氣的出力が変化する。

【0017】第4の磁気波条の一周期上では、1つの電氣的出力に対して二つの位置が対応しているため、一つの第4の磁気波条に対し磁気センサを二つとし、一方の磁気センサの電氣的出力に対応している2位置と、他方の磁気センサの電氣的出力に対応している2位置とを比較し、一致する位置を求めることによって入力軸の回転角を求める。

【0018】また、第5の磁気センサの電氣的出力に基

づいて出力軸の回転角度を求める。更に、これら回転角度の角度差に応じたトルクを求める。

【0019】このように入力軸に設けられる1つの磁気波条と、出力軸に設けられる1つの磁気波条と、入力軸の磁気波条と向き合うように固設される2個の磁気センサと、出力軸の磁気波条と向き合うように固設される1個の磁気センサとを備え、トルク及び回転角度を求めることができる単純な簡易構造のトルクセンサであるため、コイル及び磁性体製リングを備えた従来のトルクセンサに比較してコストを低減できる。また、磁気波条を入力軸及び出力軸に夫々1つ設け、入力軸の磁気波条に対し2個の磁気センサを入力軸の回転の方向へ位置を異ならして配置してあるため、第1発明の如く磁気波条を3つとし、これらの磁気波条に対応する3個の磁気センサを設けたものに比較して入力軸の軸長方向の長さを短縮でき、小形化できる。

【0020】第3発明に係るトルクセンサは、磁気波条は複数波をなすことを特徴とする。

【0021】第3発明にあつては、入力軸及び出力軸の1回転に対して、磁気センサの電気的出力は夫々複数の周期を有する変化をなす。このような電気的出力のピーク数を計数し、夫々のピーク位置に対応する回転角度を求め、また前述したように1周期内の回転角度を求め、両者の和を求めることにより、入力軸及び出力軸の回転角度が高精度に検出できる。

【0022】第4発明に係る電動式舵取装置は、請求項1乃至請求項3の何れかに記載されたトルクセンサと、該トルクセンサの検出結果に基づいて駆動される操舵補助用のモータと、該モータの回転を出力軸又は該出力軸に繋がる舵取機構に伝達する伝達機構とを備えていることを特徴とする。

【0023】第4発明にあつては、入力軸の回転角度をトルクセンサによって求めることができるため、従来の回転角度センサをなくすることができ、コストを低減できる。

【0024】

【発明の実施の形態】以下本発明をその実施の形態を示す図面に基いて詳述する。

実施の形態1

図1はトルクセンサAの実施の形態1の構成を示す模式図である。このトルクセンサAは、例えば舵取りのための操舵輪30に連結される入力軸1の下端にトーションバー2が同軸的に連結され、該トーションバー2の下端に、車輪に繋がる舵取機構に連結される出力軸3の上端が同軸的に連結されており、前記操舵輪30を回転することによって入力軸1に加わるトルクを前記トーションバー2に生じる捩れ角度によって検出するものである。

【0025】図1において4は前記入力軸1の下端に外嵌された非磁性材製の第1の筒体、5は前記出力軸3の上端に外嵌された非磁性材製の第2の筒体である。

【0026】図2は磁気波条の構成を示す展開図、図3は磁気波条の斜視図である。第1の筒体4の軸長方向一端部の外周面には、一回転当り複数周期の正弦波となる磁性材製の第1の磁気波条11が周方向に沿うように凸状に設けられ、筒体4の軸長方向他端部の外周面には、一回転当りに前記磁気波条11と同周期であり、1/4周期遅れた波形となる磁性材製の第2の磁気波条12が周方向に沿うように凸状に設けられている。

【0027】第2の筒体5の外周面には、一回転当りに前記磁気波条11と同周期であり、1/4周期遅れた波形となる磁性材製の第3の磁気波条13が周方向に沿うように凸状に設けられている。

【0028】入力軸1及び出力軸3を支持するハウジング等の支持体には、前記第1乃至第3の磁気波条11、12、13と夫々向き合うように、周方向に位置を同じくして第1乃至第3の磁気センサ21、22、23が固設されている。

【0029】これら第1乃至第3の磁気センサ21、22、23は夫々対の磁気抵抗効果素子を有しており、第1乃至第3の磁気センサ21、22、23に夫々備えられる2つ磁気抵抗効果素子は、例えば対応する磁気波条11、12、13に対向するように、入力軸1及び出力軸3の軸長方向に前記磁気波条11、12、13の振幅と同程度の距離を隔てて並べて配置されている。

【0030】また、夫々の磁気抵抗効果素子は周囲に形成された磁界の強さの増加に伴って、その電気抵抗値が大きくなる性質を有している。第1乃至第3の磁気センサ21、22、23では、夫々2つの前記磁気抵抗効果素子の内の下側に配置された方が定電圧を印加される端子側、上側に配置された方が接地端子側とされて直列に接続され、中間節点を出力節点とした分圧回路が構成されている。

【0031】そして、第1乃至第3の磁気センサ21、22、23夫々には、前記磁気抵抗効果素子の検出面の反対側に磁石が配されている。

【0032】該磁石によって、前記第1乃至第3の磁気波条11、12、13へ磁束が集中した状態で磁界が形成される。各磁気抵抗効果素子の電気抵抗値は、周囲に形成された磁界の強さに応じた大きさとなり、定電圧側の磁気抵抗効果素子の電気抵抗値の方が接地側の磁気抵抗効果素子の電気抵抗値よりも小さいとき、磁気センサの出力電圧が高くなり、反対に定電圧側の磁気抵抗効果素子の電気抵抗値の方が接地側の磁気抵抗効果素子の電気抵抗値よりも大きいとき、出力電圧は低くなる。

【0033】従って、操舵輪30の回転と共に、第1乃至第3の磁気センサ21、22、23の出力電圧 $V_{21}$ 、 $V_{22}$ 、 $V_{23}$ は周期的に変化する。そして、第1の磁気センサ21は第1の磁気波条11の波形に応じた出力電圧 $V_{21}$ を出力するため、その周期的変化は正弦波状となり、第2の磁気センサ22の出力電圧 $V_{22}$ は第1の磁気

センサ21の出力電圧 $V_{21}$ の位相が $1/4$ 周期遅れた周期的変化となる。また、第3の磁気センサ23の出力電圧 $V_{23}$ は、トーションバー2の振れによって第2の磁気センサ22の出力電圧 $V_{22}$ よりも少し遅れた位相の周期的変化となる。

【0034】マイクロプロセッサを用いてなる制御装置7の入力部には前記第1乃至第3の磁気センサ21、22、23と、車両の走行速度を検出する車速のセンサ8とが接続されており、出力部には後述する電動式舵取装置のモータ9の駆動回路10が接続されている。

【0035】制御装置7は、第1乃至第3の磁気センサ21、22、23が出力した出力電圧 $V_{21}$ 、 $V_{22}$ 、 $V_{23}$ を利用して操舵された操舵輪30の舵角 $\theta$ 及び操舵輪30に加わるトルク $T$ を求め、操舵輪30の操舵を補助するモータ9を駆動制御するものである。該制御装置7では、例えば以下に説明するように第1乃至第3の磁気センサ21、22、23の出力電圧 $V_{21}$ 、 $V_{22}$ 、 $V_{23}$ から前記舵角 $\theta$ 及びトルク $T$ を所定の周期で時系列的に検出する。

【0036】また、操舵輪30にトルクが加わっておらず、操舵輪30及び車輪が正面を向いている状態のときを中立状態とし、このときの舵角 $\theta$ 及びトルク $T$ は零に設定されている。

【0037】まず、舵角 $\theta$ の検出について説明する。操舵輪30を回転させたときの第1及び第2の磁気センサ21、22の出力電圧 $V_{21}$ 、 $V_{22}$ の変化は、式(1)及び式(2)として表される。

$$\theta_1 = (1/n) \cdot \arcsin \{ (V_{21} - V_O) / A \} \quad \dots (7)$$

$$\theta_1 = (1/n) \cdot \arccos \{ (V_{22} - V_O) / A \} \quad \dots (8)$$

【0041】式(7)、式(8)からは、夫々角度 $\theta_1$ が2つずつ求められるが、これらを比較し、一致する角度を回転角度 $\theta_1$ として採用する。

$$\theta_3 = (1/n) \cdot \arccos \{ (V_{23} - V_O) / A \} \quad \dots (9)$$

【0043】回転角度 $\theta_3$ も、式(9)から2つが求められるが、トーションバー2の振れ角がただか数度であるため、求められた2つの角度と前に求めた回転角度 $\theta_1$ とを比較し、回転角度 $\theta_1$ に略一致する1つを回転角度 $\theta_3$ として採用する。

【0044】さらに後述する操舵輪30の回転方向が正方向のときであって、出力電圧 $V_{22}$ がピークを越える場合には、入力軸1側の回転角演算用のカウンタC1をインクリメントし、前記回転方向が負方向のときであって、出力電圧 $V_{22}$ がピークを越える場合には、前記カウンタC1をデクリメントするようになっている。同様に、前記回転方向が正方向のときであって、出力電圧 $V_{23}$ がピークを越える場合には、出力軸3側の回転角演算用のカウンタC2をインクリメントし、前記回転方向が負方向のときであって、出力電圧 $V_{23}$ がピークを越える場合には、前記カウンタC2をデクリメントする。

【0045】そして、カウンタC1の値に $360^\circ / n$

$$V_{21} = A_{21} \cdot \sin(n \cdot \theta_1) + V_{O21} \quad \dots (1)$$

$$V_{22} = A_{22} \cdot \cos(n \cdot \theta_1) + V_{O22} \quad \dots (2)$$

但し、 $A_{21}$ 、 $A_{22}$ は夫々出力電圧 $V_{21}$ 、 $V_{22}$ の振幅、 $n$ は第1及び第2の磁気波条11、12の1回転当りの周期数、 $\theta_1$ は第1及び第2の磁気波条11、12の1周期間の入力軸1の回転角度、 $V_{O21}$ 、 $V_{O22}$ は夫々第1及び第2の磁気センサ21、22のバイアス電圧である。

【0038】また、第3の磁気センサ23の出力電圧 $V_{23}$ の変化は、式(3)として表される。

$$V_{23} = A_{23} \cdot \cos(n \cdot \theta_3) + V_{O23} \quad \dots (3)$$

但し、 $A_{23}$ は出力電圧 $V_{23}$ の振幅、 $\theta_3$ は第3の磁気波条13の1周期間の出力軸3の回転角度、 $V_{O23}$ は第3の磁気センサ23のバイアス電圧である。

【0039】そして、第1乃至第3の磁気センサ21、22、23の出力特性は略同一とされ、振幅 $A_{21}$ 、 $A_{22}$ 、 $A_{23}$ 及びバイアス電圧 $V_{O21}$ 、 $V_{O22}$ 、 $V_{O23}$ を夫々予め定められた所定の振幅 $A$ 及び所定のバイアス電圧 $V_O$ となるように調整されているため、式(1)、式(2)、及び式(3)は夫々式(4)、式(5)、及び式(6)となる。

$$V_{21} = A \cdot \sin(n \cdot \theta_1) + V_O \quad \dots (4)$$

$$V_{22} = A \cdot \cos(n \cdot \theta_1) + V_O \quad \dots (5)$$

$$V_{23} = A \cdot \cos(n \cdot \theta_3) + V_O \quad \dots (6)$$

【0040】式(4)、式(5)を式(7)、式(8)へ変形し、回転角度 $\theta_1$ を求める。

【0042】また、式(6)を式(9)へ変形し、回転角度 $\theta_3$ を求める。

を乗じた結果に $\theta_1$ を加減することによって入力軸1の回転角度 $\theta_{IN}$ を求め、カウンタC2の値に $360^\circ / n$ を乗じた結果に $\theta_3$ を加減することによって出力軸3の回転角度 $\theta_{OUT}$ を求める。入力軸1の回転角度 $\theta_{IN}$ を舵角 $\theta$ とする。

【0046】また、制御装置7は前述のように求めた回転角度 $\theta_1$ と前回求めた回転角度 $\theta_1$ とを比較し、前述した操舵輪30の回転方向が予め定められた正方向か負方向かを求める。

【0047】次に、トルク $T$ の検出について説明する。式(10)からトーションバー2の振れ角 $\Delta\theta$ を求める。

$$\Delta\theta = \theta_{IN} - \theta_{OUT} \quad \dots (10)$$

【0048】求めた振れ角 $\Delta\theta$ に対応するトルク $T$ を、予め与えられた振れ角 $\Delta\theta$ とトルク $T$ との関係から求める。

【0049】そして、求めたトルク $T$ に応じて駆動回路

10を制御し、モータ9が駆動されて、所要の操舵補助力が出力軸3へ伝達される。

【0050】図4は電動式舵取装置のトルクセンサ組込部分の断面図である。以上の如く構成されたトルクセンサは、例えば電動式舵取装置に用いられる。この電動式舵取装置は、その上端が操舵軸31を介して操舵輪30に連結された前記入力軸1と、その下端がピニオンを有する伝動軸を介して舵取機構に連繋される前記出力軸3とを筒状とし、入力軸1の下端側を出力軸3の上端側に同軸的に相対回転可能に挿入してあり、これら入力軸1及び出力軸3の孔内に前記トーションバー2が挿入してある。

【0051】トーションバー2の上端部及び入力軸1の上端をダウエルピン32により連結し、トーションバー2の下端及び出力軸3の下端をダウエルピン33により連結するとともに、軸受を介して前記入力軸1及び出力軸3を回転可能に支持するハウジング6と前記出力軸3の中間部との間に、前記第1乃至第3の磁気センサ21、22、23の検出結果に基づいて制御される操舵補助用のモータ9に連動するウォーム及び該ウォームに噛合するウォームホイールを有する伝達機構34が設けてあり、前記ハウジング6内に前記第1乃至第3の磁気センサ21、22、23が固設してある。

【0052】この電動式舵取装置において、操舵輪30が舵角中点から左又は右へ回転されるとき、入力軸1が回転するとともに出力軸3が回転し、第1乃至第3の磁気波条11、12、13の近傍に生成される磁界の強さが第1乃至第3の磁気センサ21、22、23によって個々に検出され、これら磁気センサ21、22、23が出力した出力電圧が磁界の強さとして制御装置7に時系列的に取込まれる。

【0053】取込まれた第1及び第2の磁気センサ21、22の出力電圧 $V_{21}$ 、 $V_{22}$ から入力軸1の回転方向、入力軸1の舵角中点に対する回転角度 $\theta_{IN}$ 及び操舵輪30の舵角 $\theta$ が求められ、さらに、第3の磁気センサ23の出力電圧 $V_{23}$ から出力軸3の舵角中点に対する回転角度 $\theta_{OUT}$ が求められ、これら回転角度 $\theta_{IN}$ 、 $\theta_{OUT}$ の角度差 $\Delta\theta$ に応じたトルク $T$ が求められ、このトルク $T$ に対応する信号が駆動回路10に出力され、モータ9が右回転又は左回転し、伝達機構34を介して前記出力軸3を強制回転し、操舵補助する。

【0054】このように入力軸1に加わるトルクを検出するトルクセンサAは、入力軸1の外周部に設けられる2つの磁気波条11、12と、出力軸3の外周部に設けられる1つの磁気波条13と、これら磁気波条11、12、13と向き合うように固設される3個の磁気センサ21、22、23とを備え、トルク、回転角度及び回転方向を求めることができる単純な簡易構造のトルクセンサであるため、コイル及び磁性体製リングを備えた従来のトルクセンサに比較してトルクセンサのコストを低減

できる。

【0055】しかも、舵角 $\theta$ をトルクセンサによって求めることができるため、トルクセンサと別体の回転角度センサを用いる必要がなく電動式舵取装置のコストを低減できる。

【0056】尚、以上説明した実施の形態1では、第1の磁気波条11を正弦波とし、第2及び第3の磁気波条12、13を前記第1の磁気波条11の1/4周期遅れた波形とし、第1乃至第3の磁気センサ21、22、23の位置を周方向に同じくしたが、第1乃至第3の磁気波条11、12、13を夫々異なる位相の波形とし、第1乃至第3の磁気センサ21、22、23の位置を周方向に同じくするか、又は異ならせてもよく、また第1乃至第3の磁気波条11、12、13を夫々同位相の波形とし、第1乃至第3の磁気センサ21、22、23の位置を周方向に異ならせてもよい。

【0057】実施の形態2

図5はトルクセンサAの実施の形態2の構成を示す模式図、図6は磁気波条の構成を示す展開図、図7は第4及び第5の磁気センサと磁気波条との位置関係を示す説明図である。

【0058】実施の形態2は、入力軸1に外嵌した第1の筒体4に二つの磁気波条11、12を設けるのに替えて、前記入力軸1及び出力軸3に夫々非磁性材製の第3及び第4の筒体16、17を外嵌固定し、これら筒体16、17の外周面に、一回転当り複数周期の正弦波又は余弦波となる磁性材製の第4及び第5の磁気波条14、15を夫々周方向に沿うように凸状に設けてある。なお、これら第4及び第5の磁気波条14、15は、入力軸1の回転方向への位置を同じにする他、異ならせてもよい。

【0059】前記ハウジング6等の支持体に、前記磁気波条14、15と夫々向き合うように2個の第4の磁気センサ24、24a及び2個の第5の磁気センサ25、25aが固設されている。また、第4の磁気センサ24、24aは、入力軸1の回転の方向へ前記磁気波条14の1/4周期異ならせた位置に夫々が配置されており、同様に第5の磁気センサ25、25aも、出力軸3の回転方向へ前記磁気波条15の1/4周期異ならせた位置に夫々が配置されている。

【0060】第4及び第5の磁気センサ24、24a、25、25aは、第1乃至第3の磁気センサ21、22、23と同様、夫々対の磁気抵抗効果素子を有しており、例えば対応する磁気波条14、15の幅方向両端部に夫々向き合うように上下に並べて配置されている。また、夫々の磁気抵抗効果素子波周囲に形成された磁界の強さの増加に伴って、その電気抵抗値が大きくなる性質を有している。また、第4及び第5の磁気センサ24、24a、25、25aは、第1乃至第3の磁気センサ21、22、23と同様、前記磁気抵抗効果素子によ

って分圧回路が構成されており、夫々の磁気センサ24, 24a, 25, 25aの前記分圧回路の奥側中央には磁石が配されている。

【0061】このような磁気センサ24, 24a, 25, 25aの出力電圧 $V_{24}$ ,  $V_{24a}$ ,  $V_{25}$ ,  $V_{25a}$ は、操舵輪30の回転と共に、夫々が対応する磁気波条14, 15の波形に応じて周期的に変化する。第4の磁気センサ24, 24aの内、24の出力電圧 $V_{24}$ は正弦波状の周期的変化をなし、24aの出力電圧 $V_{24a}$ は前記出力電圧 $V_{24}$ の位相を $1/4$ 周期異ならせた周期的変化をなす。また、第5の磁気センサ25, 25aの内、25の出力電圧 $V_{25}$ は、トーションバー2の振れによって前記出力電圧 $V_{24}$ よりも少し遅れた位相の周期的変化をなし、25aの出力電圧 $V_{25a}$ は前記出力電圧 $V_{25}$ の位

$$V_{24} = A_{24} \cdot \sin(m \cdot \theta_4) + V_{O24} \quad \dots (11)$$

$$V_{24a} = A_{24a} \cdot \cos(m \cdot \theta_4) + V_{O24a} \quad \dots (12)$$

但し、 $A_{24}$ ,  $A_{24a}$ は夫々出力電圧 $V_{24}$ ,  $V_{24a}$ の振幅、 $m$ は第4の磁気波条14の1回転当りの周期数、 $\theta_4$ は第4の磁気波条14の1周期間の入力軸1の回転角度、 $V_{O24}$ ,  $V_{O24a}$ は夫々第4の磁気センサ24, 24aのバイアス電圧である。

$$V_{25} = A_{25} \cdot \sin(m \cdot \theta_5) + V_{O25} \quad \dots (13)$$

$$V_{25a} = A_{25a} \cdot \cos(m \cdot \theta_5) + V_{O25a} \quad \dots (14)$$

但し、 $A_{25}$ ,  $A_{25a}$ は夫々出力電圧 $V_{25}$ ,  $V_{25a}$ の振幅、 $m$ は第5の磁気波条15の1回転当りの周期数、 $\theta_5$ は第5の磁気波条15の1周期間の出力軸3の回転角度、 $V_{O25}$ ,  $V_{O25a}$ は夫々第5の磁気センサ25, 25aのバイアス電圧である。

【0066】第4及び第5の磁気センサ24, 24a, 25, 25aの出力特性は略同一とされる。従って、振幅 $A_{24}$ ,  $A_{24a}$ ,  $A_{25}$ ,  $A_{25a}$ を所定の値 $A$ に近似し、バイアス電圧 $V_{O21}$ ,  $V_{O22}$ ,  $V_{O23}$ を所定の値 $VO$ に

$$\theta_4 = (1/m) \cdot \arcsin \{ (V_{24} - VO) / A \} \quad \dots (19)$$

$$\theta_4 = (1/m) \cdot \arccos \{ (V_{24a} - VO) / A \} \quad \dots (20)$$

【0068】式(19)、式(20)からは、夫々角度 $\theta_4$ が2つずつ求められるが、これらを比較し、一致する角度を回転角度 $\theta_4$ として採用する。

$$\theta_5 = (1/m) \cdot \arcsin \{ (V_{25} - VO) / A \} \quad \dots (21)$$

$$\theta_5 = (1/m) \cdot \arccos \{ (V_{25a} - VO) / A \} \quad \dots (22)$$

【0070】式(21)、式(22)からは、夫々角度 $\theta_5$ が2つずつ求められるが、これらを比較し、一致する角度を回転角度 $\theta_5$ として採用する。

【0071】また、制御装置7は回転角度 $\theta_4$ と前回求めた回転角度 $\theta_4'$ とを比較し、操舵輪30の回転方向を求める。さらに正方向への回転時に、出力電圧 $V_{24a}$ がピークとなる場合にカウンタC4をインクリメントし、負方向への回転時に出力電圧 $V_{24a}$ がピークとなる

相を $1/4$ 周期異ならせた周期的変化をなす。

【0062】マイクロプロセッサを用いてなる制御装置7の入力部には前記第4及び第5の磁気センサ24, 24a, 25, 25aと、車両の走行速度を検出する車速のセンサ8とが接続されており、出力部には電動式舵取装置のモータ9の駆動回路10が接続されている。

【0063】制御装置7は、第4及び第5の磁気センサ24, 24a, 25, 25aが出力した出力電圧 $V_{24}$ ,  $V_{24a}$ ,  $V_{25}$ ,  $V_{25a}$ から例えば以下に説明する原理によって舵角 $\theta$ 及びトルク $T$ を求め、操舵輪30の操舵を補助するモータ9を駆動制御する。

【0064】操舵輪30を回転させたときの第4の磁気センサ24, 24aの出力電圧 $V_{24}$ ,  $V_{24a}$ の変化は、式(11)及び式(12)として表される。

4aのバイアス電圧である。

【0065】同様に、第5の磁気センサ25, 25aの出力電圧 $V_{25}$ ,  $V_{25a}$ の変化は、式(13)及び式(14)として表される。

近似することによって、式(11)、式(12)、式(13)、及び式(14)は夫々式(15)、式(16)、式(17)、及び式(18)となる。

$$V_{24} = A \cdot \sin(m \cdot \theta_4) + VO \quad \dots (15)$$

$$V_{24a} = A \cdot \cos(m \cdot \theta_4) + VO \quad \dots (16)$$

$$V_{25} = A \cdot \sin(m \cdot \theta_5) + VO \quad \dots (17)$$

$$V_{25a} = A \cdot \cos(m \cdot \theta_5) + VO \quad \dots (18)$$

【0067】式(15)、式(16)を式(19)、式(20)へ変形し、回転角度 $\theta_4$ を求める。

【0069】同様に、式(17)、式(18)を式(21)、式(22)へ変形し、回転角度 $\theta_5$ を求める。

場合にカウンタC4をデクリメントするようになっている。同様に、前記正方向への回転時に、出力電圧 $V_{25a}$ がピークとなる場合にカウンタC5をインクリメントし、負方向への回転時に出力電圧 $V_{25a}$ がピークとなる場合にカウンタC5をデクリメントする。

【0072】そして、カウンタC4の値に $360^\circ/m$ を乗じた結果に $\theta_4$ を加減することによって入力軸1の回転角度 $\theta_{IN}$ を求め、カウンタC5の値に $360^\circ/m$

を乗じた結果に $\theta_5$ を加減することによって出力軸3の回転角度 $\theta_{OUT}$ を求める。入力軸1の回転角度 $\theta_{IN}$ を舵角 $\theta$ とする。

【0073】さらに実施の形態1と同様に式(10)からトーションバー2の振れ角 $\Delta\theta$ を求める。

【0074】求めた振れ角 $\Delta\theta$ に対応するトルク $T$ を、予め与えられた振れ角 $\Delta\theta$ とトルク $T$ との関係から求める。

【0075】実施の形態2のトルクセンサは、例えば実施の形態1と同様、電動式舵取装置に用いられる。尚、電動式舵取装置のトルクセンサ組込部分の構造は図5と同様である。

【0076】実施の形態2にあつては、操舵輪30が舵角中点から左又は右へ回転されるとき、入力軸1が回転するとともに出力軸3が回転し、第4乃至第5の磁気波条14、15の近傍に生成される磁界の強さが第4及び第5の磁気センサ24、24a、25、25aによって個々に検出され、これら磁気センサ24、24a、25、25aが出力した出力電圧が磁界の強さとして制御装置7に時系列的に取込まれる。

【0077】取込まれた第4の磁気センサ24、24aの出力電圧 $V_{24}$ 、 $V_{24a}$ から入力軸1の回転方向、入力軸1の舵角中点に対する回転角度 $\theta_{IN}$ 及び操舵輪30の舵角 $\theta$ が求められ、さらに、第5の磁気センサ25、25aの出力電圧 $V_{25}$ 、 $V_{25a}$ から出力軸3の舵角中点に対する回転角度 $\theta_{OUT}$ が求められ、これら回転角度 $\theta_{IN}$ 、 $\theta_{OUT}$ の角度差 $\Delta\theta$ に応じたトルク $T$ が求められ、このトルク $T$ に対応する信号が駆動回路10に出力され、モータ9が右回転又は左回転し、伝達機構33を介して前記出力軸3を強制回転し、操舵補助する。

【0078】このように入力軸1に加わるトルクを検出するトルクセンサAは、入力軸1に設ける1つの磁気波条14と、出力軸3に設ける1つの磁気波条15と、入力軸1の磁気波条14と向き合うように固設される2個の磁気センサ24、24aと、出力軸3の磁気波条15と向き合うように固設される2個の磁気センサ25、25aとを備え、トルク、回転角度及び回転方向を求めることができる単純な簡易構造のトルクセンサであるため、コイル及び磁性体製リングを備えた従来のトルクセンサに比較してトルクセンサのコストを低減できる。しかも、舵角 $\theta$ をトルクセンサによって求めることができるため、トルクセンサと別体の回転角度センサを用いる必要がなく電動式舵取装置のコストを低減できる。

【0079】尚、以上説明した実施の形態2では、第4及び第5の磁気センサ24、24a、25、25aを夫々2個としたが、その他、第4の磁気センサ24、24aを2個とし、第5の磁気センサ25を1個として、式(21)から得られる2つの回転角度 $\theta_5$ の内、第4の磁気センサ24、24aの出力電圧 $V_{24}$ 、 $V_{24a}$ から求めた回転角度 $\theta_4$ に略一致する1つを回転角度 $\theta_5$ とし

て採用し、出力軸3の回転角度 $\theta_{OUT}$ を求めるようにしてもよい。

【0080】実施の形態2において、その他の構成及び作用は実施の形態1と同じであるため、同様の部品については同じ符号を付し、その詳細な構成の説明及び作用の説明を省略する。

【0081】実施の形態1、2において、磁気波条11~15は複数波をなす構成とする他、単波をなす構成としてもよい。また、非磁性材製の筒体4、5、16、17に凸状の磁性材製の磁気波条11~15を設けていたが、磁性材製の筒体4、5、16、17に凸状又は溝状の磁気波条11~15を設けてもよく、非磁性材製の筒体4、5、16、17に面一又は溝状の磁気波条11~15を設けてもよい。

【0082】また、実施の形態1、2において、磁気波条11~15は、入力軸1及び出力軸3と別個に設けられた筒体4、5、16、17に設け、該筒体4、5、16、17を入力軸1、出力軸3に外嵌固定したが、その他、磁気波条11~15を、例えば入力軸1及び出力軸3に直接設けてもよい。

【0083】また、実施の形態1、2において、磁気センサ21~25aが磁石を備え、該磁石によって磁性材製の磁気波条11~15近傍に磁界を形成するようにしていたが、磁気波条11~15を磁石として、これらの近傍に磁界を形成するようにしてもよい。また、磁気センサ21~25aが夫々備える一対の磁気抵抗効果素子は、入力軸1及び出力軸3の軸長方向に、磁気波条11~15の振幅と同程度の距離を隔てて並べて配する他、例えば磁気波条の前記軸長方向中央部分と対向するように、前記軸長方向に近接させて並べて配してもよい。

【0084】また、磁気センサ21~25aは、磁気抵抗効果素子によるものの他に、例えばホール素子を備えたものであってもよい。

【0085】また、本発明に係るトルクセンサは、電動式舵取装置に使用する他、電動式舵取装置以外の装置に使用してもよい。

【0086】

【発明の効果】第1発明によれば、入力軸及び出力軸に設ける3つの磁気波条及びこれに対応する3個の磁気センサを備え、トルク及び回転角度を求めることができる単純な簡易構造のトルクセンサであるため、コイル及び磁性体製リングを備えた従来のトルクセンサに比較してコストを低減できる。

【0087】第2発明によれば、入力軸及び出力軸に設ける2つの磁気波条及び少なくとも3個の磁気センサを備え、トルク及び回転角度を求めることができる単純な簡易構造のトルクセンサであるため、コイル及び磁性体製リングを備えた従来のトルクセンサに比較してコストを低減できる。

【0088】第3発明によれば、入力軸及び出力軸の1

回転に対して、磁気センサの電気的出力が複数の周期の変化をなすようにし、このような電気的出力のピーク数を計数し、夫々のピーク位置に対応する入力軸及び出力軸の回転角度を求め、これと前記電気的出力の1周期間の回転角度との和を求めることによって、入力軸及び出力軸の回転角度、及びトルクを高精度に検出できる。

【0089】第4発明によれば、入力軸の回転角度をトルクセンサによって求めることができるため、従来の回転角度センサをなくすることができ、コストを低減できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るトルクセンサの実施の形態1の構成を示す模式図である。

【図2】本発明に係るトルクセンサの実施の形態1の磁気波条の構成を示す展開図である。

【図3】本発明に係るトルクセンサの磁気波条の斜視図である。

【図4】本発明に係る電動式舵取装置のトルクセンサ組込部分の断面図である。

【図5】本発明に係るトルクセンサの実施の形態2の構成を示す模式図である。

成を示す模式図である。

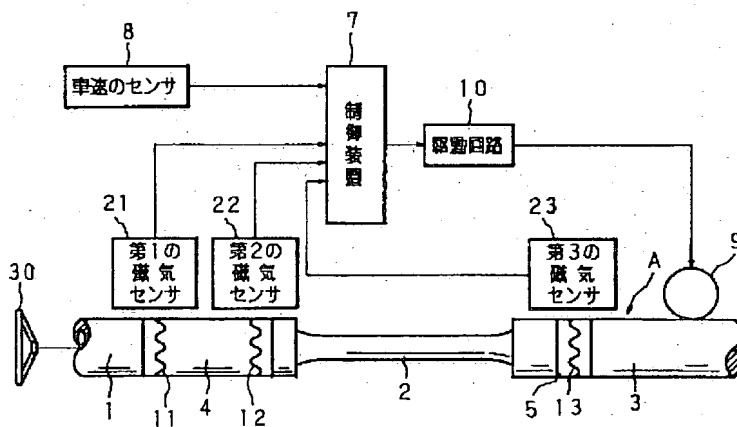
【図6】本発明に係るトルクセンサの実施の形態2の磁気波条の構成を示す展開図である。

【図7】第4及び第5の磁気センサと磁気波条との位置関係を示す説明図である。

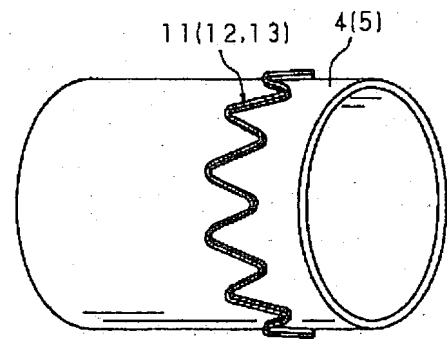
#### 【符号の説明】

- |         |          |
|---------|----------|
| 1       | 入力軸      |
| 2       | トーションバー  |
| 3       | 出力軸      |
| 11      | 第1の磁気波条  |
| 12      | 第2の磁気波条  |
| 13      | 第3の磁気波条  |
| 14      | 第4の磁気波条  |
| 15      | 第5の磁気波条  |
| 21      | 第1の磁気センサ |
| 22      | 第2の磁気センサ |
| 23      | 第3の磁気センサ |
| 24, 24a | 第4の磁気センサ |
| 25, 25a | 第5の磁気センサ |

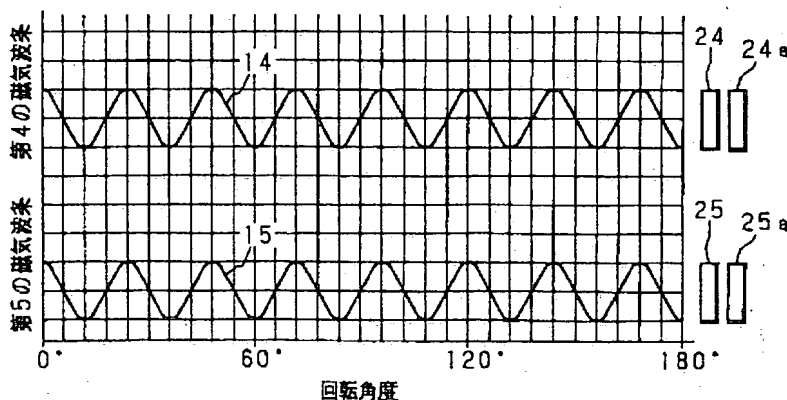
【図1】



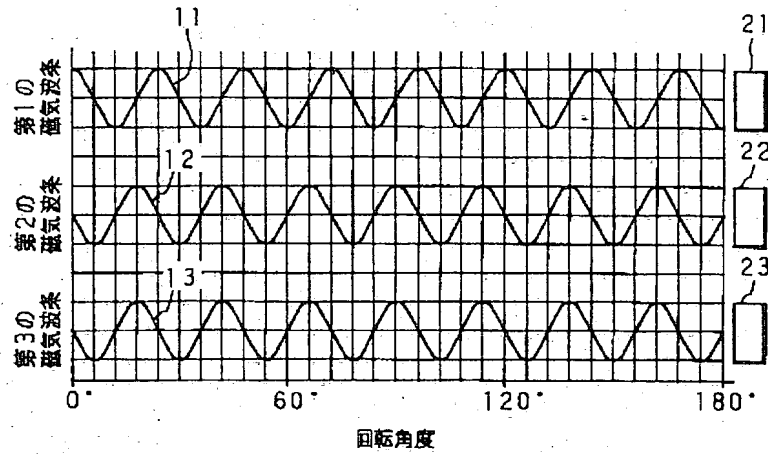
【図3】



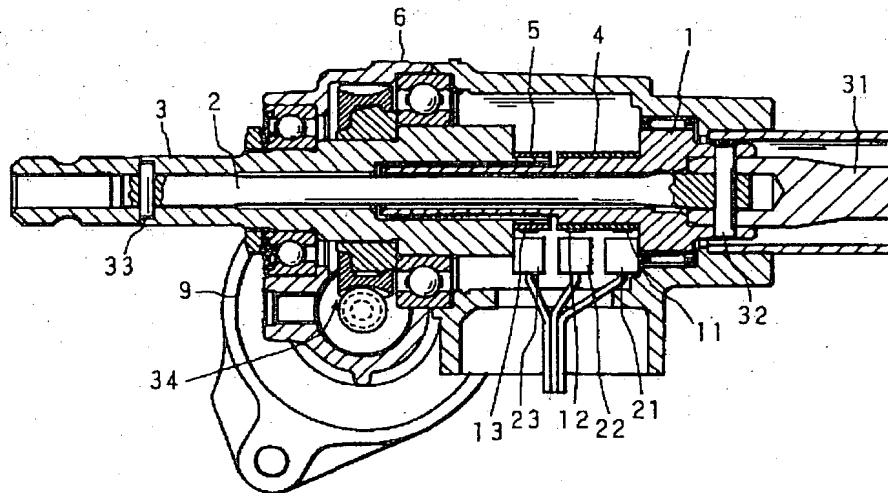
【図6】



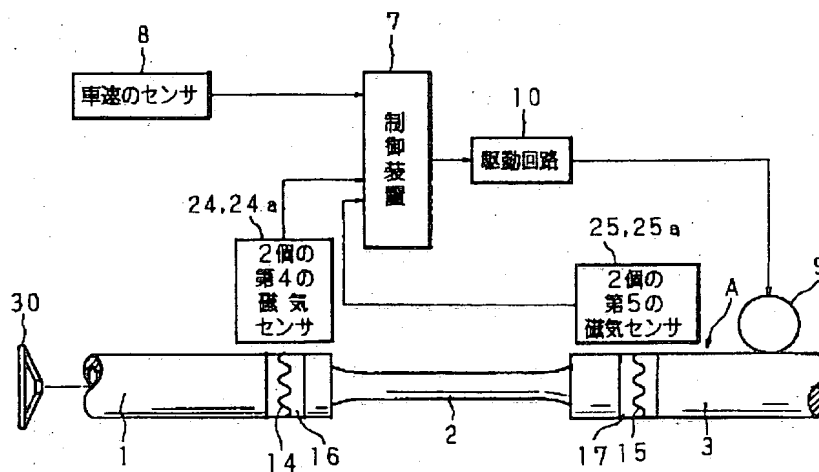
【図2】



【図4】

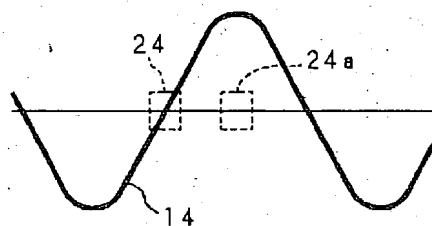


【図5】

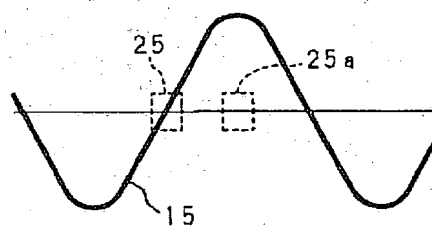


【図7】

( a )



( b )



---

フロントページの続き

Fターム(参考) 2F051 AA01 AB05 AC01 BA03  
2F063 AA34 BA08 BB05 BC10 BD16  
CA34 DA01 DA04 DA08 DB01  
DC03 DD01 EA20 GA01 KA01  
KA04 KA06 LA02 NA06 ZA01  
3D033 CA03 CA13 CA16 CA17 CA21  
CA28 CA29